بسم الله الرحمن الرحيم

تلوث الهواء
مصادره وأضراره

إعداد الدكتور
نعيم سلمان بارود

فبراير 2006

تلوث الهواء
مصادره وأضراره

ملخص البحث :

يعرض البحث تلوث الهواء من حيث مصادر هذا التلوث والأضرار التي قد تلحق بالإنسان جراء هذا التلوث . وقد تناول البحث أهم مصادر تلوث الهواء مثل : المصادر الطبيعية والمصادر البشرية ، وقد عرضت الدراسة أهم ملوثات الهواء مثل : الغازات والعناصر الثقيلة والجسيمات وبعض الملوثات الثانوية .

وقد وضحت الدراسة أهم الأضرار التي تلحقها الملوثات المختلفة بصحة الإنسان من خلال عرض كل عنصر من عناصر التلوث ، وتحديد العضو الذي يستهدفه من جسم الإنسان ، كما عرضت الدراسة كذلك معايير تلوث الهواء والحدود القصوى المسموح بها حسب مواصفات كل من منظمة الصحة العالمية وبعض الدول الأخرى .

وقد توصلت الدراسة إلى أن المصادر البشرية لتلوث الهواء أكثر خطورة على صحة الإنسان من المصادر الطبيعية وبالتحديد (وسـائط النقل والصـناعة) ، وأن هنـاك العديد من الأمــراض الــتي لحقت بالإنســان جــراء التلــوث أهمها الأمــراض الجلدية والعيون وأمراض الجهاز التنفسي .

Air Pollution: Sources and Harmness

Abstract

This research deals with air pollution, its sources. And it effects on humans. The research discusseds the most important sources of pollution, which include both natural and human sources such as gases, heavy elements, particles and other minor pollutants.

In addition study reveals the important harms human health caused by different pollutants. Each pollutant element has been identified as well as the harms it causes to the organ of the human body.

The study also deals with the air pollution regulations, and the maximum tolerable limits according to the World Health Organization regulations and in other different countries.

The study concludes that the most dangerous and harmfull to the human health are the human sources of air pollutions, mostly, those related to transportation and industrial carriers.

Because of these air pollutants, many diseases attack the human body such as skin, eyes and respeiratory system diseases.

تقديم :

إن تلوث الهواء من القضايا التي أضحت تؤرق الإنسان في جميع المجتمعات لا سيما وأن الهواء يعتبر ضرورياً للإنسان شأنه شأن الماء ، بل هو أكثر أهمية وضرورة .

ولم يعد الهواء بذلك النقاء والصفاء الذي خلقه الله عليه ، بل امتدت إليه يد البشر عابثة ، فاختل التوازن واهتز هذا النظام الدقيق ، والهواء الذي نتنسمه وتلوث ... وتلوث ... وكان الإنسان هو السبب ، فكانت المعامل والمصانع ووسائل النقل ومحطات توليد الطاقة والاستخدامات المنزلية ، هذه المصادر تبث يومياً آلاف الأطنان من الملوثات المختلفة إلى الهواء دون وجود أي ضوابط أو عوائق وأصبح الغلاف الجوي مدفناً أو مكب نفايات غازية . والإنسان هو الذي يتنفس هذا الهواء الملوث فهو الذي صنع المشكلة ، وهو الذي تحمل مسئوليتها وهو الذي تلقى آثارها سلباً على صحته .

وما حادثة لندن عنا ببعيد ففي العام 1952 اختلطت الملوثات الهوائية بالضباب فكونت ما يعرف بالضباب الدخاني Smog التي كونت سحابة سوداء فوق المدينة استمرت لمدة 5 أيام قتلت حوالي 4000 شخص .

مبررات الدراسة :

تلوث الهواء يعتبر من أحرج وأخطر قضايا التلوث ، وتعود أهمية الدراسة إلى :

1- أن الهواء أكثر الموارد أهمية بالنسبة للإنسان ، وأن أي تلوث بأي نسبة لأي عنصر من العناصر من شأنه أن يدخل مع الهواء إلى جوف الإنسان مُحدثاً الكثير من الأضرار والأمراض التي تصيب الإنسان ؛ ذلك أن الإنسان يتنفس على مدار 24 ساعة في اليوم ، وأن ملوثات الهواء هي ملوثات تبقى داخل جسم الإنسان ولا يطرح منها خارج الجسم إلا القليل .
2- حاجة الإنسان الماسة للهواء ، فهو يستهلك يومياً حوالي 15كجم من الهواء ، في الوقت الذي يستهلك فيه حوالي 3كجم من الماء ، وحوالي كيلو جرام واحد من الغذاء .
3- إن الإنسان لا يستطيع أن يصبر على انقطاع الهواء أكثر من ثلاث دقائق ، في الوقت الذي يستطيع أن يصبر فيه على الجوع أسابيع ، وعلى العطش أياماً .
4- يستطيع الإنسان أن يتجنب أكل الغذاء الفاسد ، كما يتجنب شرب الماء الملوث ، ولكنه لا يستطيع بأي حال من الأحوال إلا أن يتنفس الهواء المتوفر مهما كانت نوعيته ، ودرجة تلوثه .
5- محدودية المورد الهوائي، فالغلاف الجوي الذي يحيط بالأرض (التروبوسفير) والذي يتركز فيه الهواء لا يزيد سمكه عن 20كم وهو بذلك يكاد يكون كقشرة التفاحة إلى التفاحة ، لو قورن بحجم الكرة الأرضية من ناحية ووزنها من ناحية أخرى .

لذا فإن الهواء يعتبر مورداً هاماً ، ولا يرتبط بجغرافية معينة ، والمحافظة عليه تعتبر مسئولية فردية وجماعية ، كما هي مسئولية وطنية وعالمية على حد سواء .

أهداف الدراسة :

1- التعرف على أهم مصادر التلوث .
2- التعرف على حقيقة الملوثات الهوائية وطبيعتها .
3- تحديد أكثر الملوثات تركزاً في الهواء وخطراً على صحة الإنسان .
4- التعرف على أهم الأضرار والأمراض التي يلحقها تلوث الهواء بالإنسان وصحته وممتلكاته .

الهواء النقي الطبيعي :

الله سبحانه وتعالى خلق الكون ووضع فيه كل شيء بقدر فقال : " **إِنَّا كُلَّ شَيْءٍ خَلَقْنَاهُ بِقَدَرٍ** "[1] . ومن أعظم ما خلق الله سبحانه وتعالى في هذا الكون هو الهواء ، وهو موجود في الغلاف الجوي بقدر موزون على شكل غازات بنسب طبيعية متفاوتة ليس لها آي آثار سلبية على الأحياء .

وهذه الغازات هي :

- النيتروجين بنسبة 78.07% من حجم الهواء .
- الأكسجين بنسبة 20.95% من حجم الهواء .
- الآرجون بنسبة 0.93% من حجم الهواء .
- الكريبتون بنسبة 0.0001% من حجم الهواء .
- الهيدروجين بنسبة 0.0005% من حجم الهواء .
- الهيليوم بنسبة 0.0005% من حجم الهواء .
- النيون بنسبة 0.0018% من حجم الهواء .
- ثاني أكسيد الكربون بنسبة 0.03% على الأكثر من وزن الهواء .
- الأوزون بنسبة 0.00002% من وزن الهواء .

فأي زيادة أو نقصان يحدثه الإنسان ، أو تحدثه الطبيعة ، وأي تغيير كمي أو تغيير كيفي في هذه المكونات الطبيعية للهواء سيؤدي إلى تلوثه لا محالة .

تلوث الهواء :

عرف خبراء منظمة الصحة العالمية تلوث الهواء بأنه الحالة التي يكون فيها الجو خارج أماكن العمل محتوياً على مواد بتركيزات تعتبر ضارة بالإنسان أو بمكونات بيئته .

وعلى ذلك يقصد بتلوث الهواء احتوائه على ملوث أو عدة ملوثات بكميات مؤثرة ، ولفترة زمنية قد يكون لها تأثير على صحة الإنسان أو الحيوان أو النبات ، أو المحيط الحيوي الذي يعيش فيه الإنسان[2] .

ويعد الهواء ملوثاً إذا حدث تغيير في تركيبه لأي سبب ، وإذا ما اختلطت به بعض الشوائب أو الغازات الأخرى بمقدار قد يضر بالحياة[3] .

كما أن تلوث الهواء يكون بأي تغير كمي أو كيفي يطرأ على عناصره ، أو تركيبه ، يكون له أثر سيئ على صحة الإنسان ، أو على مصالحه الاقتصادية ، أو يكون له أثر يحدث خللاً في الانتظامات البيئية .

ويتلوث الهواء عندما تتواجد فيه مادة أو أكثر غازية ، أو صلبة ، أو سائلة ، وعندما يحدث تغير هام في نسب الغازات المكونة له ، بحيث تؤدي هذه التغيرات إلى تأثيرات ضارة ، مباشرة أو غير مباشرة على المواد الحية المكونة للنظام البيئي ، أو تجعل الظروف التي تعيش فيها هذه الكائنات غير ملائمة أو تسبب خسائر مادية[4] .

وقد عرف المجلس الأوروبي تلوث الهواء بالتالي : " يقال إن هناك تلوثاً في الهواء عندما تظهر مادة غريبة أو يحدث تبدل هام في نسبة عناصره يؤدي لنتيجة ضارة أو إلى خلق مرض أو تضايق[5] .

---

1 (?) سورة القمر ، آية : 49 .

2 (?) أحمد عبد الجواد، تلوث الهواء ، الطبعة الأولى ، الدار العربية للنشر والتوزيع ، القاهرة ، 1991 ، ص23-25.

3 (?) عدنان البياتي ، تلوث الهواء في الوطن العربي بين ضرورات التنمية وسلامة البيئة ، مجلة شئون عربية ، العدد 79 ، 1994 ، ص160-172 .

4 (?) محمد العودات ، التلوث وحماية البيئة ، الطبعة الأولى ، الأهالي للنشر والتوزيع ، دمشق ، 1988 ، ص 43 .

5 (?) عبد الرحمن حميدة ، التلوث ، أبعاده وأخطاره ، مجلة كلية العلوم الاجتماعية ، مجلد 35 ، ص 552 .

وقد يرتبط تلوث الهواء بأماكن محلية كالمدن الكبرى ، والتجمعات الصناعية ، أو قد يكون عالمياً عندما تنتشر الملوثات على مساحات كبيرة جداً مثل وصول بعض الملوثات الإشعاعية من دولة إلى أخرى .

مصادر تلوث الهواء :

تنقسم مصادر تلوث الهواء إلى قسمين رئيسين ، وهي إما مصادر طبيعية ليس للإنسان أي تدخل فيها ، أو مصادر بشرية بفعل نشاطات الإنسان المختلفة .

أولاً : المصادر الطبيعية لتلوث الهواء :

وهي المصادر التي تنجم عن الطبيعة دون تدخل الإنسان فيها ، وهي إما أن تكون صلبة ، أو سائلة أو غازية ، وتنحصر مصادر التلوث الطبيعي للهواء بالآتي :

1) البراكين :

البراكين وفي أثناء ثورانها تنطلق منها غازات ومواد صلبة إلى الجو ، ويمكن لهذه المواد الصلبة الدقيقة أن ترتفع إلى مسافات بعيدة قد تصل إلى طبقة الاستراتوسفير (حوالي 55كم عن سطح البحر) ، وهي بذلك تمثل أحد العوامل الطبيعية الهامة التي تتسبب في تلوث البيئة بشكل عام ؛ لأن المواد البركانية المنشأ تبقى عالقة في الجو فترة طويلة من الزمن ، وهذه الفترة كافية تماماً لأن تنتقل هذه الملوثات وتنتشر فوق مساحات كبيرة من الكرة الأرضية بواسطة الرياح ، وغالباً ما يكون لها كبير الأثر على عناصر المناخ .

كما أن بعض الحمم التي تطلقها البراكين ، قد تحتوي على نسبة عالية من الكبريت المنصهر ، ويحتوي بعضها على الغازات الذائبة فيها ، مثل : غاز كبريتيد الهيدروجين ، أو غاز ثاني أكسيد الكبريت ، وفي بعض الأحيان قد تحتوي على غاز كلوريد الهيدروجين ، وهذه الغازات حمضية التأثير ، لذا فهي شديدة الضرر بالبيئة ، وعندما تذوب في مياه الأمطار تلوث المجاري المائية ، وترفع من درجة حموضتها ، كما وترفع من درجة حموضة التربة المجاورة لها ، وتدمر ما بها من محاصيل[1] .

إضافة إلى الغازات المنبعثة في الجو من الانفجار البركاني، تنطلق أيضاً كميات ضخمة من الذرات البركانية الصلبة ، وخاصة الغبار الناعم ، وتقدر هذه الكمية بآلاف الأطنان ، وتبقى عالقة في الجو عدة أشهر مؤثرة بذلك على الإشعاع الشمسي، وبالتالي على درجة حرارة سطح الأرض .

2) الرياح والعواصف :

تلعب الرياح والعواصف دوراً هاماً في تلوث الهواء لما تحمله من تراب ، وغبار ، ورمال ، ويبدو دورها واضحاً في المناطق الجافة، والأراضي القاحلة، حيث تقوم الرياح المصاحبة للعواصف والتي تنطلق غالباً بموازاة سطح الأرض بحمل كميات هائلة من الرمال من سطح التربة الصحراوية ؛ وذلك لأنها لا تجد أمامها عائقاً يمنعها ، كما لا توجد نباتات تحمي هذه التربة وتؤدي إلى تماسكها ، وقد تحمل الرياح هذه الرمال والأتربة إلى مسافات بعيدة جداً لتسقطها في النهاية على المدن والأراضي الزراعية وقد تدمر ما بها من محاصيل .

ومن أمثلة الرياح التي تؤثر في تلوث الهواء رياح الخماسين ، والتي تهب على شمال مصر في بداية الصيف من كل عام، وتقدر كمية الغبار والأتربة المترسبة في القاهرة حوالي 187 طناً على الكيلو متر المربع في الشهر ، وفي الكويت بلغت كمية الغبار والأتربة المترسبة خلال شهر آب من عام 1978م حوالي 239 طناً على الكيلو متر المربع ، وفي الولايات المتحدة قدر المتوسط الشهري بحوالي 30 مليون طن في عام 1970م[2] .

3) الحرائق :

---

1 (?) محمد السيد أرناؤوط، الإنسان وتلوث البيئة، الطبعة الأولى، الدار المصرية اللبنانية، القاهرة ، 1993 ، ص 80 .

كثيراً ما تتعرض مناطق الغابات وأراضي الحشائش في بعض أيام أشهر الصيف الحارة والجافة إلى حرائق تأتي على آلاف الأشجار والشجيرات ، وعلى مساحات كبيرة من أراضي الحشائش ، وهي بذلك تطلق الدخان إلى الجو على شكل غيوم سوداء كثيفة ، قد تصل إلى طبقة التربوسفير ، ينتج عن هذه الحرائق انطلاق كميات ضخمة من الغازات المختلفة ، مثل : غاز ثاني أكسيد الكربون ، أول أكسيد الكربون، أكاسيد الآزوت ، إضافة إلى جزئيات الرماد الدقيقة التي تنطلق إلى الجو والتي تؤدي إلى تلوث الجو بشكل واضح .

ولعل من أشهر الحرائق في العصر الحديث ما شهدته غابات "التابغا" في سيبيريا في الأيام الأخيرة من شهر أبريل 1987م، والذي استمر مدة تزيد على خمسة عشر يوماً، والذي قضى على مساحات شاسعة من الغابات حوالي (35000هكتار) وأطلق آلاف الأطنان من الملوثات إلى الهواء .

4) حبوب اللقاح :

غالباً ما تكون في فصل الربيع ، وهو فصل إزهار معظم أنواع الأشجار ، والنباتات ، وهذه تتطلب تلقيحاً قد يكون ذاتياً ، أو غير ذاتي عن طريق انتقال حبوب اللقاح هذه من أشجار إلى أخرى ، وهذا يجعل الهواء مليء بهذا الغبار الذي يؤدي إلى نوع من الحساسية لدى بعض الناس (مرض الحساسية الربيعي) ، وتم تقدير حوالي مليون طن من حبيبات اللقاح فوق أرض الولايات المتحدة الأمريكية في العام 1970م .

5) الجراثيم :

يتواجد في الهواء بشكل دائم أعداد كبيرة من أنواع البكتيريا ، وغالباً ما تكون العلاقة طردية بين التركيز البكتيري والكثافة السكانية ودرجة التهوية ، فكلما كانت الأماكن مغلقة وذات كثافة سكانية عالية ازداد بالتالي تركز البكتيريا ، لذا غالباً ما تكون الأماكن المغلقة المزدحمة بالسكان ذات تلوث جرثومي واضح مثل : (دور السينما ، المعارض ، الشوارع المكتظة ، المحلات التجارية ، وسائط النقل العامة) .

أما أجواء المناطق الريفية فتكون أقل تلوثاً بالجراثيم ، نظراً لقلة السكان ، وتجدد الهواء باستمرار، ولكن إذا كانت نسبة تركيز الغبار مرتفعة ، والرطوبة الجوية عالية كان ذلك ميداناً خصباً لنشوء أعداد أكبر من الجراثيم . ومهما تعاظم وتفاقم حجم الملوثات الطبيعية ، فإنها لا تصل إلى درجة الملوثات البشرية ، كما أن نوعيتها أقل خطورة على الصحة العامة ، وتأثيرها على البيئة الحيوية يبقى محدوداً .

ثانياً : المصادر البشرية لتلوث الهواء :

إن استعمالات الإنسان المختلفة من خلال أنشطته المتنوعة في البيئة التي يعيش فيها تعتبر من المصادر البشرية لتلوث الهواء، سواء كانت تلك الاستخدامات في المجالات الصناعية، أو الاستخدامات المنزلية، أو الحياتية اليومية. ذلك أن الإنسان الذي يعيش في القرن العشرين اندفع اندفاعاً محموماً لم يسبق له مثيل من أجل إشباع رغباته من كل ما هو جديد ، منبهراً بوسائل التقنية الحديثة ، فأسرف باستغلالها غير مكترث بنتائجها ، فانعكس ذلك سلباً على نظام حياته ، وكان هو أكثر المتضررين من جراء التلوث الذي أحدثه .

أما أهم المصادر البشرية لتلوث الهواء فهي كما يلي :

1) وسائط النقل :

تشكل وسائط النقل المختلفة (البرية والجوية والبحرية) مصدراً رئيساً لا يستهان به في مجال تلوث الهواء ، أما الوسائط البرية فهي الأهم في ذلك نظراً لزيادة أعدادها وأنواعها ، وما تقذفه من مخلفات احتراق الوقود في داخلها ، مما

---

[2] (?) علي حسن موسى ، التلوث الجوي ، الطبعة الأولى ، دار الفكر ، دمشق ، 1990 ، ص 30 ، 31 .

يترك آثاراً سلبية على الإنسان وسائر الكائنات الحية ، خاصة إذا علمنا أن هذا المصدر في حالة تزايد مستمر نتيجة للزيادة المطردة في أعداد المركبات وانتشارها في أنحاء العالم في المدن الكبرى والصغرى وحتى في الأرياف .

وتكمن أهم الأسباب التي تجعل من السيارات مصدراً رئيساً لتلوث الهواء فيما يلي :

1- نوعية الوقود المستعمل ، وزيادة نسبة المركبات الأكسوجينية ومركبات الرصاص المضافة إليه لتحسين أداء المحرك ورفع كفاءته .
2- عدم الاحتراق الكامل للوقود (بنزين ، ديزل) داخل محركات السيارة .
3- عدم إجراء الصيانة المستمرة لمحركات السيارات للتأكد من أداء المحرك ومن عملية احتراق الوقود بداخله.

ونتيجة لحركة المركبات المستمرة ، تنبعث من عوادمها أنواع عديدة من الملوثات ، أهمها : غازات أول أكسيد الكربون، ثاني أكسيد الكربون ، الرصاص ، أكاسيد النيتروجين ، ثاني أكسيد الكبريت ، الهيدروكربونات ، السناج ، هذا بالإضافة إلى الروائح الكريهة ، كما تعتمد كمية هذه الملوثات على كمية الوقود المستهلك وعمر المركبة ، ودرجة صيانتها ، وحركة المرور وكثافتها ، كما تلعب الظروف المناخية دوراً رئيساً في كيفية انتشار هذه الملوثات في الهواء ومداها[1] .

ولعل الانبعاثات الناتجة عن المركبات يتحكم فيها بالدرجة الأولى نوع الوقود المستخدم (ديزل ، بنزين) ، والتي ينتج عنها العديد من الملوثات مثل : غازات الكربون ، والكبريت ، والنيتروجين وغيرها . جدول رقم (1)

جدول رقم (1)

المواد الملوثة الناتجة عن محركات الاحتراق الداخلي (غم) من المادة الملوثة لكل (كجم) من الوقود

المادة الملوثة	**محرك**	**محرك**
ثاني أكسيد الكربون	180	191
ثاني أكسيد الكبريت	0.139	3.48
أكاسيد النيتروجين	2.200	15.08
أول أكسيد الكربون	301.600	9.28
سناج	0.220	1.16
هيدروكربونات غير	52.200	1.16
رصاص	0.116	-

المصدر : عزت أبو حمرة ، 1992[2] .

1 (?) سفيان التل، ياسر سارة، حالة البيئة في الأردن، وزارة الشئون البلدية والقروية والبيئة، عمان، 1989، ص 50 .

2 (?) عزت أبو حمرة، تلوث الهواء الناتج عن عوادم السيارات، وزارة الشئون البلدية والقروية والبيئة، عمان، 1992.

يوضح الجــدول أن أول وثــاني أكســيد الكربــون هما الأكــثر انبعاثــاً من عــوادم السـيارات، وكـذلك الهيـدروكربونات غـير المحترقة ، وأن الرصـاص ينتج عن محركـات البـنزين دون محركـات الـديزل، كما أن الكـبريت ينتج عن محركـات الـديزل أكـثر منه في محركات البنزين، وهذا يشكل خطراً كبيراً على قطاع البيئة، وإن نسبة وجـود الكـبريت في الديزل تعتبر عالية جداً في غالبية الدول العربية.

والسيارة بجميع أجزائها تطلق مخلفات إلى الهواء ، وتكمن الخطورة في انبعاثات السيارات في أنها تطلق ملوثاتها ومخلفاتها في نفس المستوى الذي يتنفس فيه الإنسان ، والجدول رقم (2) يبين أجزاء السيارة والملوثات المنطلقة من كل جزء من هذه الأجزاء .

جدول رقم (2)

الملوثات الناتجة عن أجهزة السيارات

الرقم	المصدر	ملوثات الهواء
1-	العادم	غاز أول أكسيد الكربون، جسيمات هيدروكربونية، غاز ثاني أكسيد الكربون، أكاسيد النيتروجين، السناج، جسيمات الرصاص في هيئة مركبات، ثاني بروميد الإيثلين ، مادة البنزوبيرين .
2-	الكاربوريتر (علبة	هيدروكربونات ، غاز أول أكسيد الكربون ، غازات
3-	مخزن الوقود	هيدروكربونات، أكرولين، الدهايدات (فورمالدهيد،
4-	فلتر الهواء	غاز أول أكسيد الكربون .
5-	شمعات الاحتراق	غازات هيدروكربونية
6-	الفرامل (الكوابح)	جسيمات الاسبستوزات .

المصدر : سليمان العقيلي ، بشير جرار ، 1990 .

يلاحظ من خلال الجدول أن غالبية الملوثات تصدر عن العادم ، إذ إنه المصدر الوحيد الذي تخرج منه الغازات بعد عملية الاحتراق ، وكذلك تنتج ملوثات أخرى عن كل من الفرامل ، والكاربوريتر ، ومخزن الوقود ، وفلتر الهواء ، وشمعات الاحتراق، بمعنى أن السيارة بجميع أجزائها مصدر فعال في تلوث الهواء، إذ تعتبر السيارات هي المسئولة عن حقن الجو بحوالي 60% من ملوثات الهواء، ولا غرابة في ذلك، فعدد السيارات في العالم كان في العام 1982 حوالي331 مليون سيارة ، وأصبح في سنوات التسعينات حوالي 400 مليون سيارة، وعلى سبيل المثال فإن مدينة القاهرة بلغ عدد السيارات فيها من مطلع التسعينات حوالي 650000 سيارة تستهلك حوالي 1.25 مليون طن من الوقود، ينتج عنها حوالي 100 ألف طن نواتج احتراق.

وأن قطاع النقل في الأردن ضم حوالي 252808 سيارة في العام 1990 ينتج عنها الكثير من الملوثات المطروحة إلى الهواء مثل الرصاص 40طناً في السنة، السناج 814طناً في السنة، ثاني أكسيد الكبريت 2257طناً في السنة وغيرها من الملوثات.

كما أن مدينة لوس أنجلوس بالولايات المتحدة الأمريكية والتي تتميز بكثافة مرورية عالية (حوالي 4 مليون سيارة) يقدر ما ينطلق منها إلى الجو يومياً حوالي 762 طناً من أكاسيد الأوزون وحوالي 254 طناً من المواد العضوية ، وحوالي 10000 طن من غاز أول أكسيد الكربون ، وفي مدينة مكسيكو سيتي التي تضم حوالي 900000 سيارة تطلق يومياً 4000طن من غاز أول أكسيد الكربون ، علماً

بأن احتراق طن واحد من البنزين الذي تستخدمه السيارات ينتج عنه في الهواء حوالي 60كغم من غاز أول أكسيد الكربون .

2) الصناعة :

تلعب الصناعة دوراً هاماً في تلوث الهواء ، فبالإضافة إلى الغازات الملوثة الناتجة عن احتراق الوقود اللازم للصناعة ، تطلق الصناعات المختلفة العديد من الملوثات كناتج للعملية الصناعية ، فالصناعة تطلق الكثير من ملوثات الهواء ، وتعتمد كميات وأنواع المركبات المنبعثة على نوع الصناعة ، والمواد الخام ، والوقود ، والتكنولوجيا ، والتدابير المستخدمة في حماية البيئة ، كما أن هناك عوامل لا تقل أهمية عن سابقتها ، فحجم المنشأة الصناعية ، وعمر الآلات ، ومستوى الصيانة والإدارة ، كلها تساهم بنوع وحجم التلوث الصادر عن تلك المنشأة .

وينتج عن العملية الصناعية العديد من الملوثات مثل : الكبريت ، وأكاسيد الكبريت ، والنيتروجين، وثاني أكسيد الكربون ، وأول أكسيد الكربون ، والمواد الهيدروكربونية ، والمواد العالقة ، هذا بالإضافة إلى ما تطلقه الصناعة من ملوثات تعتبر نادرة لكن بعضها يحتمل السمية[1] .

وتعتبر المصانع بجميع قطاعاتها ، والمعامل ، ومحطات توليد الطاقة من المصادر الصناعية الهامة في تلويث الهواء، إلا أن محطات توليد الطاقة ، ومصانع تكرير البترول ، ومصانع الإسمنت هي الأكثر مساهمة في تلوث الهواء ، وما يصاحب ذلك من آثار سلبية على الإنسان ، وهذا ما أثبته (الأخرس 1995)[2] في دراسته حول أثر تلوث الهواء بالغازات الناتجة عن مصفاة البترول الأردنية ، ومحطة الحسين الحرارية على صحة السكان ، وبعض ممتلكاتهم في بلدة الهاشمية ، حيث دلت نتائج الدراسة على أن مصفاة البترول ، ومحطة الحسين الحرارية هي المصادر الرئيسة لإطلاق الملوثات الغازية ، إضافة إلى الغبار في بلدة الهاشمية ، وأن هذه الغازات والملوثات تزيد عن الحد المسموح به عالمياً ، ودلت الدراسة على أن غاز ثاني أكسيد الكبريت المنبعث من مصفاة البترول، يتركز في الجو بمعدل (0.71) جزء في المليون، وهذا يتجاوز الحد المسموح به عالمياً بنسبة (58%) كما يزداد تركيز الغبار والذي بلغ معدل تركيزه فوق البلدة حوالي 221.8 ميكرو غرام/م^3 ، وهذا يتجاوز الحد المسموح به عالمياً بنسبة 92%، كما أن تلوث الهواء في بلدة الهاشمية يتسبب بإصابة السكان بأمراض الجهاز التنفسي ، واللوزتين ، العيون ، والأمراض الجلدية، وقد بلغت نسبة الإصابات بهذه الأمراض 14% من عينة الدراسة .

وفي دراسة (الدمنهوري 1989)[3] حول تقييم بعض الآثار البيئية الناجمة عن التلوث الجوي بغبار الأسمنت في مدينة الفحيص في مجالات صحة الإنسان وراحته وبعض ممتلكاته وأوراق بعض الأشجار المثمرة . وكانت أهم النتائج التي توصل إليها

---

1 (?) مصطفى كمال طلبة ، إنقاذ كوكبنا ، التحديات والآمال ، حالة البيئة في العالم 1972-1992 ، الطبعة الأولى ، مركز دراسات الوحدة العربية ، برنامج الأمم المتحدة للبيئة ، بيروت ، 1992 ، ص 175 .

2 (?) حسن الأخرس، أثر تلوث الهواء بالغازات الناتجة عن مصفاة البترول الأردنية، ومحطة الحسين الحرارية على صحة السكان وبعض ممتلكاتهم في بلدة الهاشمية، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن، 1995.

3 (?) محمد الدمنهوري ، تقييم الآثار البيئية الناجمة عن التلوث الجوي بغبار الأسمنت في مدينة الفحيص في مجالات صحة الإنسان وراحته وبعض ممتلكاته وأوراق بعض الأشجار المثمرة ، رسالة ماجستير غير منشورة ، الجامعة الأردنية ، عمان ، الأردن ، 1989 .

الباحث أن الهواء في مدينة الفحيص يعتبر هواءً ملوثاً يهدد صحة الإنسان ، ويلحق أضراراً ببعض النباتات والممتلكات ، وأن تركيز الغبار في جو المنطقة يصل في بعض الأحيان إلى 164 ميكرو جرام/م^3 .

وقد أثبت (بارود ، 1996)[1] في دراسته حول تقييم الآثار البيئية للمشاريع الصناعية في مدينة عمان الكبرى ، أن الصناعة في مدينة عمان الكبرى تعتبر المصدر الرئيس لتلوث البيئة بجميع عناصرها (المياه ، الهواء ، التربة) وهذا انعكس بدوره على الإنسان الذي يعيش في المدينة ، حيث لم تحقق الصناعة آثاراً إيجابيةً إلى جانب الآثار السلبية التي تحدثها في البيئة ، وبينت الدراسة أن الصناعة والسيارات أدت إلى تركيز أول أكسيد الكربون في بعض مناطق عمان الكبرى وأن غاز أول أكسيد النيتروجين يعتبر ذا تركيز عالٍ أيضاً ، كما أن الصناعة تعتبر المصدر الرئيس لتلوث الهواء بعنصر الرصاص حيث بلغ تركيزه حوالي 41.5 ميكرو غرام/م^3 وهذا زيادة عن الحد المسموح به عالمياً بحوالي 40 ضعفاً، كما أن تركيز الغبار العالق كان أعلى من الحد المسموح به عالمياً كما أوضحت الدراسة أن التلوث أصاب السكان الذين يعيشون في المناطق الصناعية ، وقد بلغت نسبة السكان المصابين بهذه الأمراض 25% من عينة الدراسة (أمراض اللوزتين ، العيون ، الجهاز التنفسي ، الأمراض الجلدية ، المعدة ، آلام الرأس) .

3) الملوثات الناتجة عن الاستخدامات المنزلية :

الإنسان ومن خلال استخداماته المنزلية لمواد الوقود المختلفة (فحم ، مازوت ، كيروسين ، غاز) يطلق كميات كبيرة من الدخان والغازات الضارة مثل : أكاسيد الكربون ، أكاسيد الكبريت ، والهباب ، وما يتولد أيضاً من حرارة تنطلق إلى الوسط المحيط ، تعمل على رفع درجة حرارته كنوع من التلوث الحراري للجو الذي له دور في تكون الجزر الحرارية لبعض المدن .

4) الملوثات الناتجة عن النفايات الصلبة :

تشكل مكبات النفايات الصلبة مصدراً للتلوث الجوي الكيميائي ، لكونها تحتوي على بقايا عضوية تسمح بنشاط الفعل البكتيري في ظروف وجود الأكسجين على شكل تحلل هوائي ، أو عدم وجوده تحلل لا هوائي ، مما يترتب على ذلك تشكل وانطلاق غازات مختلفة كالنشادر ، وأول وثاني أكسيد الكربون ، والميثان ، والنيتروجين ، والهيدروجين ، ويقدر أن الطن الواحد من النفايات الصلبة يتولد عنه ما يعادل 130م^3 من الغازات .

5) الملوثات الناتجة عن احتراق الوقود :

ينجم عن استهلاك الوقود المتمثل في الفحم والبترول والغاز الطبيعي ، سواء في المعامل ، أو الاستخدامات المنزلية ، انطلاق غازات مختلفة وجزئيات دقيقة صلبة ومركبات كيميائية ، ودخان ، تعمل جميعها على تلوث الجو ، وتعد ملوثات الهواء الناتجة عن احتراق الوقود من أكثر الملوثات انتشاراً وتأثيراً على النظام البيئي ، وباحتراق الوقود في الهواء ينتج عنه طاقة حرارية وغازات مختلفة ، ونفايات صلبة ، وإذا كان الاحتراق كاملاً ، فإنه ينتج عنه ثاني أكسيد الكربون ، أما في حال كونه غير كامل فيكون الناتج عندئذ غاز أول أكسيد الكربون .

أهم ملوثات الهواء :

ينطلق إلى الهواء إما من المصادر الطبيعية ، أو البشرية ، العديد من الملوثات الصلبة ، والسائلة ، والغازية ، بنسب وتركيزات متفاوتة ، وهذه من شأنها أن تلحق ضرراً بالإنسان ، والحيوان ، والنبات ، وحتى الجماد ، فالصناعات المختلفة ووسائط النقل تساهم في إنتاج قدر كبير من ملوثات الهواء ، إضافة إلى الملوثات التي تنطلق

[1] (?) نعيم بارود، تقييم الآثار البيئية للمشاريع الصناعية في مدينة عمان الكبرى، رسالة دكتوراه غير منشورة، جامعة الخرطوم، الخرطوم، السودان، 1996.

من محطات توليد الطاقة ، والغازات المنبعثة من أماكن حرق النفايات الصلبة ، هذه كلها وغيرها تساهم في تركيز بعض العناصر في الهواء .

وتنقسم ملوثات الهواء إلى عدة أقسام :

- تلوث الهواء بالغازات .
- تلوث الهواء بالعناصر الثقيلة .
- تلوث الهواء بالجسيمات .
- الملوثات الثانوية للهواء .

وسنتناول كل عنصر من هذه العناصر على حدة .

أولاً : تلوث الهواء بالغازات :

1) أكاسيد الكربون :

والمقصود بغازات الكربون هما غاز أول أكسيد الكربون (CO)، وغاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2)، ينتج غاز أول أكسيد الكربون من الاحتراق غير الكامل للوقود المحتوي على المواد العضوية، ومن صفات هذا الغاز أنه لا لون ولا طعم ولا رائحة له، وينحل في بلازما الدم بقدر ما ينحل في الماء[1]، ودرجة انحلاله في الماء قليلة، يمكنه أن يحترق، لكنه لا يساعد على الاحتراق.

ويعتبر غاز أول أكسيد الكربون من الغازات السامة ، وترجع خاصية السمية إلى قوة اتحاده مع هيموجلوبين الدم ، حيث يحل محل الأكسجين ، مما يحد من قابلية الدم لنقل الأكسجين من الرئتين إلى خلايا الجسم مما قد يسبب الموت . ويعد هذا الغاز من أكثر الغازات الملوثة للهواء سميّة ، وتقدر كمية أول أكسيد الكربون المنتجة عالمياً بحوالي 300 مليون طن ، وتعتبر الصناعة ، والسيارات ، وتدفئة المنازل المصادر الرئيسة لتركز أول أكسيد الكربون في الجو .

ويوجد في الهواء الطبيعي غير الملوث عند تركيز لا يزيد عن 0.1 جزء في المليون ، وعندما يتعرض الإنسان إلى جو يحتوي على 15 جزء في المليون من هذا الغاز ، فإن طاقة جهاز الدوران على حمل الأكسجين تقل بمعدل 15% أما إذا كانت حركة المرور في بعض الشوارع كثيفة ، وارتفع تركيز هذا الغاز إلى 20-30 جزء في المليون ، فإن الإنسان غالباً ما يصاب بالصداع ، وضعف الرؤية ، والغثيان والإرهاق .

أما غاز ثاني أكسيد الكربون فهو عديم اللون ، والرائحة ، وذو طعم غير مقبول ، يتراوح تركيزه في الهواء الطبيعي الجاف غير الملوث 303-320 جزء في المليون ، وبسبب إطلاق كميات كبيرة من هذا الغاز من مصادر مختلفة على مستوى عالمي، فقد وصل تركيزه في الغلاف الجوي عام 1988م حوالي 346 جزءاً في المليون، وخلال الفترة ما بين 1970-1987م كان معدل إطلاق الغاز إلى الهواء بمعدل 16000-29000 مليون طن سنوياً . ويعتقد أنه توجد زيادة سنوية في تركيز هذا الغاز في الهواء تصل إلى حوالي 0.7 جزءاً في المليون بسبب احتراق الوقود المستخدم مثلاً في التدفئة ، ووسائل المواصلات ، وتوليد الكهرباء ، والصناعات المختلفة ، وحرق الفضلات[2] .

2) أكاسيد النيتروجين :

أكاسيد النيتروجين عديدة أشهرها غاز ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) ، وغاز أول أكسيد النيتروجين (NO) ، وتتكون هذه الأكاسيد عند اتحاد الأكسجين والنيتروجين ، تحت درجات حرارة عالية ، كاحتراق البنزين ، والسولار في المركبات، وهذه الغازات تعتبر سامة، أما إذا وصلت نسبتها في الهواء إلى (0.07%) فإنها تؤدي إلى الموت خلال نصف ساعة .

ويعتبر عادم المركبات ، ومصانع حامض النيتريك ، ومحطات توليد الطاقة الكهربائية من أهم مصادر أكاسيد النيتروجين . وتساهم غازات أكسيد النيتروجين مع

---

1 (?) سليمان العقيلي ، بشير جرار ، تلوث الهواء ، مكتب التربية العربي لدول الخليج ، الرياض ، 1990 ، ص 31 .

2 (?) سليمان العقيلي ، بشير جرار ، تلوث الهواء ، 1990 ، مرجع سابق ، ص 32 .

المركبات الهيدروكربونية في تكوين الغيوم السوداء التي نشاهدها في سماء المدن الصناعية[1] .

1 (?) علياء حاتوغ ، بوران ، محمد أبو دية ، علم البيئة ، الطبعة الأولى ، دار الشروق ، عمان ، 1994 ، ص 228 .

3) أكاسيد الكبريت :

أكاسيد الكبريت عديدة ، وأشهرها على الإطلاق غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) ، ويتصف هذا الغاز بأنه عديم اللون ، قابل للاشتعال ، له رائحة نافذة إذا تجاوز تركيزه 3 جزء في المليون .

يتصاعد غاز ثاني أكسيد الكبريت من حرق الكبريت ، أو الكبريتيد ، أو مركبات الفحم ، والبترول المحتوي على مركبات الكبريت ، حيث يوجد الكبريت في الفحم ، والبترول بنسب متفاوتة ، وقد وجد أن احتراق الفحم يعطي حوالي 6 مليون طن من ثاني أكسيد الكبريت في السنة في بريطانيا وحدها ، لذا فإن انتزاع الكبريت من الفحم له دور فعال في الحد من مشكلة التلوث .

ويؤثر ثاني أكسيد الكبريت على الأغشية المخاطية ، ويسبب التهاباً في الجهاز التنفسي ، كما يسبب الكحة وعدم الراحة ، وإذا وجد هذا الغاز بتركيز 5 جزء في المليون فإن هذا مؤشر لوجود تلوث خطير ، كما يؤثر هذا الغاز على النباتات، وقد وجد أن هذا الغاز إذا وصل إلى 0.02 جزءاً في المليون فإنه يؤثر على بعض النباتات .

وبصفة عامة يمكن القول إن غازات الكبريت ، وما ينتج عنها من ملوثات ثانوية ، من أخطر ملوثات الهواء على النظام البيئي ، فهي شديدة الخطورة لكل من الإنسان والحيوان والنبات على حد سواء .

أما الحد المسموح به كمعدل يومي لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت حسب قياسات الفدرالية الأمريكية فهو 0.1 جزءاً في المليون 285 ميكرو غرام/م^3 .

4) غاز كبريتيد الهيدروجين (H_2S) :

يتصف هذا الغاز برائحته الكريهة التي تشبه رائحة البيض الفاسد ، ينتج من تخمر المخلفات البشرية السائلة ، ومن احتراق المواد التي تحتوي على الكبريت ومن الصناعات الجلدية ، وتكرير البترول ، وصناعة المطاط ، وهو من الغازات شديدة السمية يدخل في الجسم إما عن طريق التنفس أو عن طريق الجلد ، وهو بهذا يؤثر على الجهاز العصبي المركزي ، مما يؤدي إلى حدوث اضطرابات في التنفس ، والحد من قدرة التفكير ، كما يسبب التهابات في الحنجرة ، والقصبات الهوائية[1] ، أما الحد الأعلى المسموح به فهو يتراوح ما بين (0.003-0.008 جزء في المليون) وإذا زاد مثلاً إلى 100 جزء في المليون لعدة دقائق فإنه يتلف حاسة الشم فوراً .

5) الأوزون (O_3) :

يتواجد هذا الغاز بصورة طبيعية في المستويات المنخفضة في الجو ، وتتزايد درجة تركيزه نتيجة الملوثات المتزايدة المنطلقة من عوادم السيارات ، يتواجد في الهواء الطبيعي بنسبة 0.02 جزءاً في المليون، أما إذا بلغت درجة تركيزه 1.5-2.0 جزءاً في المليون ، فإنه سيترك آثاراً مرضية متمثلة في التهاب العيون، والحنجرة ، والرئتين ، ويلعب هذا الغاز في طبقات الجو العليا دوراً هاماً في حماية الكرة الأرضية من الأشعة فوق البنفسجية، ويتفاوت تركيزه في الطبقات السفلى تبعاً لساعات اليوم، حيث يرتفع عند الظهر في المدن والضواحي السكنية . كما يؤثر الأوزون في النباتات ، فيسبب تبقع الأوراق ، ويظهر التأثير جلياً في نباتات البرسيم ، والقمح ، والبطاطا ، وغيرها .

ثانياً : تلوث الهواء بالعناصر الثقيلة :

1) الرصاص :

يعد الرصاص من أكثر المعادن السامة انتشاراً في الهــواء ، وهو أخطرها على الإطلاق ، لذا فإن هذا المعـدن جـدير بـأن يهتم به أكـثر من غـيره ، لما له من أضـرار بالغة ، والسبب في ذلك أن المعـادن لا توجد بنسب عالية إلا في بعض المنـاطق ، أي أن انتشارها محدودٌ ، بينما الرصاص يعتبر معدناً واسع الانتشار ، ويعتبر ملوثاً عالمياً ، وللسيارات الدور الأساسي في ذلك .

---

[1] (?) علي حسن موسى ، التلوث الجوي ، 1990 ، مرجع سابق ، ص 135 .

ويستخدم الرصاص ومركباته كمواد خام ، كما هو الحال في صناعة مبيدات الحشرات ، والدهانات ، وصناعة البطاريات ، إذ إن هذه المصانع (مصانع البطاريات) تقذف إلى الهواء معدلات عالية جداً ، فبينما حددت منظمة الصحة العالمية الحدود القصوى لتركيز هذا العنصر في الجو (0.05-1) ميكرو غرام/م^3 كمعدل سنوي ، نجد أن بعض مصانع البطاريات السائلة في الأردن ينتج 40 ميكروجرام/م^3 متجاوزة الحد المسموح به بحوالي 40 ضعفاً ، كما أن قطاع النقل في الأردن ينتج حوالي 40 طناً من الرصاص سنوياً جراء احتراق البنزين الذي يحتوي على عنصر الرصاص .

وقد حددت منظمة الصحة العالمية الحد الأعلى لتركيز الرصاص في مياه الشرب 0.05 جزءاً في المليون ، وفي الدم 0.7 جزءاً في المليون غير أن العديد من الهيئات الطبية أقرت بأنه من الواجب ألا تزيد المستويات العظمى للرصاص في الدم على 0.4 جزءاً في المليون عند البالغين ، و0.3 جزءاً في المليون عند الأطفال ، أما المستوى العادي للرصاص في دم البالغين فبلغ 0.2-0.3 جزءاً في المليون ، يدخل إلى الجسم إما عن طريق الطعام والشراب ، أو عن طريق التنفس .

وينطلق إلى الجو سنوياً في بريطانيا وحدها حوالي 10000 طن من الرصاص ، وفي العالم حوالي 500 ألف طن ، وفي العام 1969م أطلقت السيارات إلى الهواء في الولايات المتحدة الأمريكية وحدها حوالي 200 ألف طن[1] .

وتؤدي زيادة تركيز الرصاص في جسم الإنسان إلى الضعف، وضعف في الاستجابة العقلية، والإجهاض للنساء الحوامل، وفقر الدم، والإخلال بالجهاز العصبي، والكليتين، ويؤثر على الدماغ، وهو يتراكم في الجسم حيث يحل محل الكالسيوم في العظام[2].

2) الزئبق :

يعتبر الزئبق المعدن الوحيد الموجود في حالة السيولة ، ويتبخر عند درجات الحرارة العادية ويدخل الهواء على شكل بخار الزئبق ، ويستخدم هذا العنصر في صناعة الأدوات الكهربائية ، وصناعة الكلور ، ومحطات الطاقة الكهربائية العاملة على الفحم الحجري ، ومعامل تصنيع الزئبق ، ويستخدم كمبيد للفطريات .

ويعتبر بخار الزئبق أخطر أشكال الزئبق ، حيث إنه ينفذ إلى الرئتين، ثم ينتقل ليتراكم في الدماغ وأجزاء أخرى من الجسم مسبباً بذلك تسممات مختلفة تظهر على هيئة التهاب اللثة ، وإلى تلف الكلية ، والتعرض لفترة طويلة لتركيزات منخفضة من بخار الزئبق يؤدي إلى تشوهات جنينية ، وإلى التخلف العقلي عند الأطفال . أما الحد المسموح به في الاتحاد السوفيتي مثلاً خلال 24 ساعة لا يزيد عن 0.0003 مليجرام/م^3 .

3) الكادميوم :

تنطلق جسيمات الكادميوم إلى الهواء بسبب استخدامه في صناعات متعددة، فمركبات الكادميوم تستخدم كعوامل مضادة للاحتكاك، كما يستخدم في الصناعات الكهربائية، وتكمن خطورة هذا العنصر في خاصية التراكم الحيوي لهذا العنصر، حيث تتساقط جسيماته، وتغسل من الهواء مع الأمطار، ثم تتركز في أنسجة النباتات، ومنها إلى الحيوانات، ومنه إلى جسم الإنسان.

هذا وقد يسبب تركيز الكادميوم بعض أنواع السرطان ، ونظراً لخطورته فقد حددت الولايات المتحدة الأمريكية الحد الأعلى المسموح به ، كما حددته هيئة حماية البيئة وهو 0.1 مليجرام/م^3 على هيئة أبخرة ، أما إذا كان على هيئة جسيمات حاملة للكادميوم فإن الحد الأعلى المسموح به هو 0.2 ميكروغرام/م^3 .

4) الزرنيخ :

---

[1] (?) علي حسن موسى ، التلوث الجوي ، 1990 ، مرجع سابق ، ص 144-145 .

[2] (?) كوركيس عبد آل آدم ، التلوث البيئي ، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي ، جامعة البصرة ، العراق ، 1988 .

يعتبر هذا العنصر من العناصر واسعة الانتشار في الطبيعة ، ويستخدم في صناعة مبيدات الآفات الحشرية ، وتحضير بعض المواد الطبية ، ويستخدم كمادة حافظة للخشب .

يتلوث الهواء ببخار وجسيمات مركبات الزرنيخ ، حيث يقوم بعض أنواع من الفطريات بتحويل الزرنيخ إلى بخار الزرنيخ السام ، وقد يصل إلى الإنسان أيضاً عن طريق الغذاء ، ويتراكم بعد ذلك في أنسجة الجسم ، ويرجع سبب سمية هذا العنصر إلى أن الزرنيخ يعمل على إحباط تفاعلات الأكسدة الفسفورية في الجسم بسبب تنافس الزرنيخ مع الفسفور في التفاعلات الحيوية[1] .

ثالثاً : تلوث الهواء بالجسيمات :

الجسيمات أو الدقائق في لغة التلوث الهوائي تشمل مواد صلبة ، أو سائلة منتشرة في الجو وبأحجام تتراوح بين جزئيات صغيرة قطرها حوالي 0.0002 ميكرون ، وجسيمات كبيرة قطرها حوالي 500 ميكرون ، هذه الذرات ممكن أن تترسب في ثوانٍ وقد تستقر في الجو لعدة أشهر ، والتلوث بالجسيمات يكون مرئياً في حالتين :

1- عندما يكون حجم الجسيمة (100 ميكرون) أي ما يعادل حجم نقطة الكتابة فهو يُرى بالعين المجردة .
2- عندما تمتلك الجسيمات الأصغر حجماً خصائص تعمل على حجب ، أو امتصاص ، أو عكس أشعة الشمس ، وبذلك يظهر تأثيرها على شكل ضباب خفيف ، وتتكون الجسيمات التي يزيد حجمها على 10 ميكرون من أنشطة ميكانيكية كطحن المواد المختلفة ، وعمليات الرش ، واحتكاك إطارات السيارات ، أما الجسيمات التي يتراوح حجمها بين 1-10 ميكرون ، والتي تظهر على شكل دخان ، فإنها تكون نواتج لعمليات الحرق ، وغبار التصنيع والأملاح المتطايرة من البحار، أما الجسيمات التي يقل حجمها عن 1 ميكرون فتنتج من عمليات الحرق أو التكثيف .

وبصفة عامة يمكن القول إن الجسيمات المنتشرة في الهواء تنتج من رش السوائل، أو سحق المواد الصلبة وانتقال الرذاذ، أو المساحيق إلى الجو كعوالق بواسطة الاهتزاز ، أو حركة الرياح ، كذلك تتولد الدقائق نتيجة الأبخرة المشبعة[2] .
وتصنف الجسيمات تبعاً لحجمها وطبيعتها على النحو التالي :

1) تصنيف الجسيمات تبعاً لحجمها :

أ- الجسيمات المتساقطة :

تتكون هذه الجسيمات من جزئيات يزيد قطرها عن عشرة ميكرون ، ولا تلبث هذه الجسيمات أن تتساقط بعد دقائق من انطلاقها من مصدرها ، وقد تحملها الرياح الشديدة مرة أخرى ، وللجسيمات المتساقطة تأثير ضعيف على المجاري التنفسية ؛ لأن الشعيرات التنفسية تعمل على التخلص من جزء كبير من جزئياته وخاصة التي يزيد قطرها عن 100 ميكرون ، ولكن لها آثار بالغة على حياة النبات ، وتلحق أضراراً كبيرة بالحيوان ووسائل النقل والمباني والممتلكات الاقتصادية ، وتصل كمية الغبار المتساقط إلى معدلات كبيرة في المناطق الصناعية ، والمدن الكبرى قد يزيد عن 100طن/كم^2/شهر ، علماً بأن الحد المسموح به 9 طن/كم^2/شهر .

ب- الجسيمات العالقة :

يتراوح قطرها بين 0.1-10 ميكرون ، وتبقى فترة طويلة معلقة في الهواء ، أما ترسبها فيكون بطيئاً ، ويتوقف على الظروف المناخية من رطوبة ، ودرجة حرارة ، ورياح وغيرها ، وهي من أخطر الجسيمات الملوثة للهواء ، حيث من الممكن أن

---

1 (?) سليمان العقيلي ، بشير جرار ، تلوث الهواء ، 1990 ، مرجع سابق ، ص 31 .
2 (?) طارق محمود ، علم وتكنولوجيا البيئة ، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي ، جامعة الموصل ، العراق ، 1988، ص 192 .

تصل إلى الرئتين وتستقر هناك ، وتشمل الجسيمات العالقة عدة أنواع تختلف تبعاً لمسبباتها سواء أنشطة عمرانية أم صناعية .

ونظراً لخطورتها فإن التركيز المسموح به يختلف من شطر لآخر ، وذلك تبعاً للاختلافات البيئية ، والنشاطات الداخلية ، فمثلاً في الولايات المتحدة الأمريكية حددت وكالة حماية البيئة الأمريكية ألا يزيد التركيز عن 260 ميكروغرام/م^3 خلال 24 ساعة ، وعن 75 ميكروغرام/م^3 كمعدل سنوي ، وفي السعودية مثلاً فإن التركيز المحدد هو 340 ميكروجرام/م^3 خلال 24 ساعة لفترة 12 شهر ، بينما المعدل السنوي العام لا يزيد عن 80 ميكروجرام/م^3 .

ج- الجسيمات الدقيقة :

وهي جسيمات متناهية في الدقة قطرها أقل من 0.1 ميكرون تصل إلى الرئتين بسهولة ، ومع ذلك فهي لا تشكل خطراً على صحة الإنسان ؛ لأن الرئتين تستطيع نفثها بسهولة، وقد تتجمع هذه الجسيمات مع بعضها البعض ليصل حجمها إلى أكثر من ميكرون، يصل عددها في الهواء النقي إلى عدة مئات/سم^3، أما في الهواء الملوث فيصل عددها إلى 100000جزئية/م^3.

2) تصنيف الجسيمات حسب طبيعتها :

1- **الجزيئات الرملية :** وهي عبارة عن جزيئات صلبة معلقة في الهواء ، ويزيد قطرها عن 500 ميكرون، مصدرها العواصف الرملية بالدرجة الأولى .
2- **الغبار :** وهي عبارة عن جزيئات أدق من الرمال ، معلقة في الهواء ، بقطر يتراوح بين 0.25-500 ميكرون، تنتج عن تفتت الأجسام الصلبة وتطايرها إلى الجو .
3- **الدخان :** جزيئات صلبة دقيقة جداً من الهباب الناجمة عن عمليات الاحتراق كما في دخان المصانع والمعامل والمنازل ، قطرها أقل من 2 ميكرون .
4- **الرماد :** تنبعث هذه الدقائق مع غاز المداخن وقد تحمل معها وقوداً غير محترق .
5- **الرذاذ :** وهي قطرات من سائل معلق في الهواء ، ويمكن رؤيتها بالعين المجردة ، وقد تتكون من الضباب والدخان مكونة الضباب الدخاني ، كما يتكون الضباب الرقيق من الرذاذ والغبار والغازات الملوثة ، ويخلق هذا الضباب انخفاضاً في مجال الرؤية في المدن الملوثة .
6- **الأبخرة المعدنية :** وهي عبارة عن جسيمات من المعادن والمواد العضوية ، تتراوح أقطارها بين 0.01-1 ميكرون .
7- **الأيرسولات :** وهي عبارة عن جزيئات صلبة أو سائلة ، غالباً ما تبقى معلقة في الهواء نظراً لصغر حجمها ، وقطرها بصورة عامة أقل من ميكرون .

رابعاً : الملوثات الثانوية للهواء :

تتكون الملوثات الثانوية للهواء نتيجة لتفاعل الملوثات الهوائية الأولية مع الملوثات الغازية بمساعدة أشعة الشمس كمصدر للطاقة[1] ، أي انطلاق ملوثات أولية متعددة إلى الهواء مع توفر الأكسجين والنيتروجين وبخار الماء وأشعة الشمس يؤدي ذلك إلى دخول هذه الملوثات في تفاعلات كيميائية تؤدي إلى تكوين ملوثات أخرى هي الملوثات الثانوية والتي من أشهرها الضباب الدخاني والمطر الحمضي ولها آثار بالغة على عناصر البيئة لا تقل خطورة عن تأثيرات الملوثات الأولية[2] .

أضرار تلوث الهواء :

---

[1] (?) طارق محمود، علم وتكنولوجيا البيئة ، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي ، جامعة الموصل ، العراق ، 1988.

[2] (?) سليمان العقيلي ، بشير جرار ، تلوث الهواء ، 1990 ، مرجع سابق ، ص 38 .

في الماضي كانت العوامل الداخلية الوراثية هي المسئول الأول والوحيد عن صحة الإنسان، ولكن مع التطور الصناعي والتكنولوجي وما صاحبها من تلوث للبيئة ، أصبحت العوامل الخارجية البيئية هي المسئول الأول والمباشر عن صحة الإنسان .

أما تلوث الهواء فهو أحد العناصر والمصادر الرئيسة التي تؤثر على صحة الإنسان ، إذ إن أي تغير كمي أو كيفي في مكونات الهواء التي يتنفسها الإنسان سواء في مكان عمله ، أو سكناه ، يؤدي إلى أمراض خطيرة واضطرابات فسيولوجية ، وتتأثر صحة الإنسان بجميع الغازات والمعادن الثقيلة ، والجسيمات العالقة في الهواء ، وحتى الملوثات الثانوية للهواء .

أولاً : الأضرار التي تلحقها الغازات بصحة الإنسان :

1) أول أكسيد الكربون :

يعتـبر غـاز أول أكسـيد الكربـون من أشد الغـازات السـامة الملوثة للهـواء ، ويتراوح تأثير هذا الغاز على صحة الإنسـان تبعـاً لتركـيزه ، حيث يـؤدي إلى الصـداع ، والشعور بالغثيان ، والإعياء ، والتقيؤ ، وصعوبة التنفس ، وارتخاء العضلات وقصور في الشريان التـاجي ، وقد يصل الأمر إلى الغيبوبة أو المـوت. وإذا ما بلغت درجة تركـيزه في الهواء إلى 1000 جزء في المليون ، فستكون المحصلة هي المـوت المحتم ، وإذا ما بلغت التركيزات معدلات منخفضة خلال فترة طويلة ، فإن هذا يؤدي إلى اضطراب بنظـام القلب والتنفس . أما إذا وصل تركـيزه إلى 50 جـزء في المليـون لمـدة سـتة أسابيع ، فإن ذلك يؤثر على عمل القلب والدماغ، وتقل القدرة على التركيز ، وتضعف قدرة الإنسان على العمل ، كما يـؤثر على حـدة الرؤية . أما إذا وصل تركـيزه إلى 85 جزءاً في المليون ، فإن فاعلية الدم لنقل الأكسجين تقل بمعدل 15% .

ويعتبر غاز أول أكسيد الكربون من الغـازات السـامة ، وترجع خاصـية السـمية إلى قوة اتحاده مع هيموجلوبين الدم ، حيث يحل محل الأكسجين ، مما يحد من قابلية الدم لنقل الأكسجين من الرئتين إلى خلايا الجسم مما قد يسبب الموت .

2) ثاني أكسيد الكبريت :

يؤثر غاز ثاني أكسيد الكبريت بشكل كبير على الصحة العامة ، إذ يؤدي إلى ضيق في التنفس ، وتساقط الشعر ، والتهاب الكلي والتهاب المجرى الأنفي والرئوي ، ويسبب السعال الشديد . وإذا وصل تركيز هذا الغاز إلى 0.52 جزءاً في المليون ، فإن عدد الوفيات سوف يزداد ولكن عند تركيزات منخفضة من هذا الغاز تصل إلى 0.92 جزءاً في المليون ، فإن هذا سيؤدي إلى الزيادة المرضية في الجهاز التنفسي، وعند التعرض لفترات طويلة لهذا الغاز إلى (1) جزء في المليون ، فإن ذلك يسبب انقباضاً في القصبات الهوائية ، مما يزيد في مقاومة مرور الهواء إلى داخل الرئة[1] .

ولا تقتصر سمية ثاني أكسيد الكبريت على الإنسان فحسب، بل تتعداه لتصل إلى النباتات أيضاً، ويظهر واضحاً في اصفرار الأوراق وظهور البقع ، ثم تجعد الورقة وموتها وسقوطها[2] .

3) أكاسيد النيتروجين :

يسبب غاز ثاني أكسيد النيتروجين عدة آثار على صحة الإنسان ، منها تهيج العيون ، وبطانة الجيوب الأنفية، والجهاز التنفسي، وإلى احتقان رئوي، والتهاب القصبات الهوائية. ويرجع سبب خطورة هذا الغاز إلى أنه عند استنشاقه يتحول داخل الجسم إلى حمض نيتريك مخفف ، فيؤثر مباشرة على أنسجة الرئة، ويتسبب في

---

[1] (?) سليمان العقيلي ، بشير جرار ، تلوث الهواء ، 1990 ، مرجع سابق ، ص 93 .

[2] (?) محمد العودات ، التلوث وحماية البيئة ، 1988 ، مرجع سابق ، ص 58 .

تهيج بطانتها وتليفها، وتسبب التهاب رئوي حاد. وعندما يصل تركيزه إلى 3 جزء في المليون، فإنه يؤدي إلى تهيج العيون ، والأنف ، والتعرض لتركيز 5 جزء في المليون لمدة دقيقة واحدة يسبب احتقاناً رئوياً ، كما أن التعرض لتركيز 25 جزءاً في المليون لمدة خمس دقائق يسبب اضطرابات في التنفس[1] .

ثانياً : الأضرار التي تلحقها العناصر الثقيلة بصحة الإنسان :

1) الرصاص :

تعتبر العناصر الثقيلة من المواد السامة للجسم ، وحتى التراكيز المنخفضة منها ، ويعتبر الرصاص واحداً من أخطر هذه العناصر ، حيث يدخل الرصاص الجسم عن طريق الرئتين ، أو عن طريق الجهاز الهضمي[2] .

ويؤدي التعرض للهواء الملوث بجسيمات الرصاص لفترات طويلة إلى ترسيب الرصاص في معظم أنسجة الجسم ، ويسبب تأثيرات بالغة تشمل الأنيميا ، وتلف أنسجة الدماغ ، واختلال وظيفة الكلية ، وشلل الأطراف ، ويحل الرصاص محل الكالسيوم في العظام ، كما يسبب فقدان الشهية ، وعسر الهضم ، والتقلصات المعروفة باسم المغص الرصاصي ، كما يسبب أيضاً ألم المفاصل (النقرص الرصاصي) ويؤثر على الجهاز التناسلي ، والتشوهات الخلقية للأجنة .

وتزداد نسبة الرصاص في المواد الغذائية المعلبة ، إذ يُحكم إغلاق هذه العلب بالرصاص ، فيتسرب قسم منه إلى داخل العلبة وينتقل منها إلى جسم الإنسان[3] .

ثالثاً : الأضرار التي تلحقها الجسيمات العالقة بصحة الإنسان :

تعتبر الجسيمات التي قطرها بين 0.01 و10 ميكرون أكثر الجزيئات تأثيراً، وتلويثاً للهواء وذلك لأنها:

1- تشكل القسم الأكبر من الجسيمات الملوثة للهواء .
2- تحوي جزيئات دقيقة تحدث أكبر الضرر للجهاز التنفسي ، وخاصة عند الأطفال ؛ لأنها تستطيع اختراق دفاعات الأنف بشكل يسهل الوصول إلى أعماق بعيدة في الرئتين .
3- أنها تحتوي على الأتربة والدخان، والهباب، وجزيئات المبيدات، والأبخرة الناتجة من تكثف المواد الطيارة.

وتؤثر الجسيمات في الإنسان لوحدها أو متحدة مع الملوثات الهوائية الأخرى ، وذلك من خلال ملامستها للجلد والعيون وتوغلها داخل الجهاز التنفسي ، وتسبب الأمراض المختلفة ، وخاصة التهاب الشعب الهوائية ، والانتفاخ الرئوي ، والربو ، وتستأثر الجزيئات الصغيرة التي قطرها أقل من 3 ميكرون بمعظم الأضرار التي تلحق بالجهاز التنفسي ، وخاصة الالتهاب الرئوي الذي يصيب القصبات الرئوية الدقيقة، ويعيق مرور الهواء، مما يجعل التنفس صعباً ، إضافة إلى الإصابة بالانتفاخ الرئوي.

وبينت الدراسات التي أجريت على السكان الذين يعيشون بالقرب من معامل الأسمنت ارتفاع نسبة الأمراض الصدرية لديهم ، وضيق التنفس ، والسعال ، وضعف وإرهاق عام ، والتعب السريع ، وأمراض العيون ، وخاصة مرض سيلان الدمع ، والتي يزداد بمعدل 3-4 مرات عنها في المناطق غير الملوثة .

ويمكن القول بصفة عامة أن الملوثات الناتجة عن الأنشطة البشرية والطبيعية على حد سواء تؤثر بصورة كبيرة ومباشرة على جميع أجزاء جسم الإنسان دون استثناء ، فالكبد ، والجهاز التنفسي ، والعظام ، والدماغ ، والغدد ، والطحال ، والجلد

---

1 (?) سليمان العقيلي ، بشير جرار ، تلوث الهواء ، 1991 ، مرجع سابق ، ص 92 ، 93 .
2 (?) كوركيس عبد آل آدم ، التلوث البيئي ، 1988 ، مرجع سابق ، ص 100 .
3 (?) علياء حاتوغ بوران ، محمد أبو دية ، علم البيئة ، 1994 ، مرجع سابق ، ص 229 .

، والكلية ، والدم ، والعيون ، وتتأثر بالكثير من الملوثات ، كما بين ذلك جدول رقم (3) .

جدول رقم (3)

الأعضاء والأنسجة في جسم الإنسان والملوثات التي تستهدفها

العضو	الملوثات التي تؤثر عليه
الجهاز التنفسي	غاز أول أكسيد الكربون، أكاسيد النيتروجين، أكاسيد الكبريت، الأوزون، جسيمات الأسبستوزات، جسيمات الغبار العالق، جسيمات الهيدروكربونات، النيكل، الكادميوم، البريليوم .
الكبد	الكربونات الهالوجينية ، الزرنيخ ، المواد المشعة .
العظام	المواد المشعة ، الرصاص .
الدماغ	الرصاص ، الزئبق ، الكوبالت .
الغدة	اليود المشع .
الطحال	الكادميوم ، الزئبق .
الجلد	جسيمات الغبار المتراكم ، جسيمات الأسبستوزات ، الزرنيخ .
الكلية	الكادميوم .
الدم	غاز أول أكسيد الكربون ، غاز أول أكسيد النيتروجين ، الرصاص .
العيون	رذاذ المطر الحمضي ، جسيمات الغبار العالق ، جسيمات الغبار المتساقط ، أكسيد الكبريت، أكاسيد النيتروجين ، الضباب الدخاني .

المصدر : سليمان العقيلي ، بشير جرار ، 1990 .

كما يلحق الجسم العديد من الأمراض نتيجة لتركيز بعض العناصر في الجو أو في الجسم ، والجدول رقم (4) يبين الأمراض الناتجة عن ملوثات الهواء الأولية التي قد تصيب الإنسان .

جدول رقم (4)

بعض الأمراض الناتجة عن ملوثات الهواء الأولية التي قد تصيب الإنسان

الرقم	نوع الملوث	التأثير
1	الجسيمات	مرض التحجر الرئوي ويعرف أيضاً بمرض الغبار الحجري ، مرض الغبار ، مرض الالتهاب الأسبستوزي .
2	غاز أول أكسيد الكربون	نقص في قدرة الهيموجلوبين على نقل الأكسجين إلى أجزاء الجسم ، حيث يتحد غاز أول أكسيد الكربون مع الهيموجلوبين مكوناً كروبكسيد الهيموجلوبين الذي لا يستطيع حمل الأكسجين مما ينتج عنه آثاراً جانبية متعددة في الجسم تشمل الضعف العام وارتخاء العضلات وسرعة التنفس وغيرها كما ويتحد غاز أول وثاني أكسيد الكربون مع الحديد اللازم لبعض الأنزيمات التنفسية مما يؤدي إلى إحباط عملها أو تقليل فعاليتها .

3	غاز ثاني أكسيد الكبريت	يسبب تهيج للبطانة المخاطية في الجهاز التنفسي مما يؤدي إلى سعال شديد وضيق في التنفس ، كما يعطل غاز ثاني أكسيد الكبريت عمل الأهداب الدقيقة المبطنة لمجرى الجهاز التنفسي ويسبب التهاباً بالقصبات والشعيبات الهوائية .
4	غاز أول أكسيد النيتروجين	يتحد مع الهيموجلوبين مكوناً الميثاجلوبين مما يسبب نقص وصول الأكسجين إلى أنسجة الجسم ، وعند التركيز العالي لهذا الغاز فإنه يسبب شللاً مميتاً ، كما أن التعرض لتركيزات منخفضة من هذا الغاز يسبب ما يعرف بظاهرة الطفل المزرق بسبب تكون الميثاجلوبين .
5	غاز ثاني أكسيد النيتروجين	يسبب تهيج في البطانة المخاطية ، للجهاز التنفسي بسبب رائحته المخرشة والمسببة لحساسية معينة وعند التركيز العالي يسبب مرض التربل .
6	غاز الأوزون	يسبب الأوزون تهيج في البطانة المخاطية ، وعند التركيز العالي فإنه يسبب اختناقاً رئوياً والتهاباً في الشعيبات الهوائية ومرض التربل ومرض انتفاخ الرئة .
7	الزئبق	يهاجم الزئبق أنسجة الجهاز العصبي المركزي ويسبب آثاراً نفسية وعصبية ، كذلك يسبب تلوث الهواء ببخار وجسيمات الزئبق اضطرابات في الجهاز التنفسي والتهابات متنوعة وتشنج العضلات.
8	الرصاص	يسبب تلف لجهاز البصر المركزي وخصوصاً الدماغ وقد يصيب الإنسان بالتخلف العقلي .
9	النيكل	يسبب التقيؤ والصداع وسرعة التنفس كتأثير مباشر كما ينتج عن تلوث الهواء بجسيمات ومركبات النيكل حروق بالجلد ، وقد يسبب أيضاً كل من سرطان الرئة وسرطان الجيوب الأنفية .
10	الزرنيخ	يسبب تلوث الهواء بالزرنيخ كل من سرطان الجلد وسرطان الكبد وسرطان الرئة كما قد يؤدي تلوث الهواء بالزرنيخ إلى تشويهات خلقية .
11	الكادميوم	يسبب تلوث الهواء بالكادميوم مرض ويلسون كما يؤدي إلى تلف الرئة والكلية .
12	البريليوم	يسبب تقرح الجلد وتهيج بطانة الجهاز التنفسي كما يسبب أيضاً مرض الالتهاب البريليولي كما قد ينتج عنه سرطان نخاع العظم .

المصدر : سليمان العقيلي ، بشير جرار ، 1990 .

رابعاً : أضرار التلوث بمادة أل د.د.ت :

إن الاستخدام العشوائي للمبيدات التي صنعها الإنسان لمقاومة الآفات والأعشاب الزراعية ، أصبحت تشكل خطراً على حياة الإنسان نفسه ، حيث إنها تسربت إلى الغذاء والماء والهواء والتربة، وأشهر هذه المبيدات على الإطلاق هو أل د.د.ت وهو مبيد حشري بدأ الإنسان باستغلاله في عام 1940م وهو أكثر أنواع المبيدات استخداماً على الإطلاق ، وتكمن خطورته في كونه يتسرب إلى جسم

الإنسان عن طريق الطعام، ويتركز في الطبقات الدهنية، كما أنه يتحلل ويبقى في التربة مدة طويلة[1].

وفي دراسة (كفاية ناصر ، 1994)[2] أظهرت نتائج الدراسة أن هذه المادة تتركز في حليب وبلازما الدم للنساء الأردنيات ، فقد قامت الباحثة بتحصيل عينات من الحليب ، وبلازما الدم من نساء أردنيات تم اختيارهن من خمس مناطق جغرافية ، هي عمان ، والأغوار الشمالية ، الأغوار الوسطى ، الزرقاء ، إربد ، حيث إن مجموع سكان المناطق المدروسة يتجاوز 85% من سكان الأردن ، وقد تم فحص 411 عينة حليب ، 299 عينة بلازما دم بقصد البحث عن متبقيات المبيدات العضوية الحشرية المكلورة التالية : مشتقات (د.د.ت) و(د.د.ي) و(د.د.د) وكذلك المبيدات الحشرية من نوع (السيكلودابين) و(مناظرات هيكساكلور وسيكلوهكسان) و(الهيكسا كلوروبنزين) .

وأظهرت نتائج التحليل بأن حليب الأمهات الأردنيات ملوث بجميع المبيدات الحشرية المدروسة ، وكان الملوث السائد في الحليب هو (د.د.ي) حيث كانت نسبة تواجده في العينات 80.3% بينما نسبة تواجد (د.د.ت) 53.5% ونسبة (د.د.د) 23.8% و(هيكساكلوروبنزين) 22.4% إضافة إلى الملوثات الأخرى .

كما أظهرت نتائج متبقيات المبيدات الحشرية الكربونية المكلورة في عينات البلازما بأن المبيدات التالية قد تم اكتشافها في البلازما وهذه المتبقيات هي (الدرين) ، (هيبتاكلورابيوكسيد) ، (د.د.ت) ، (د.د.ي)، مشابهات (د.د.ت) ، ويرجع السبب في ذلك إلى استخدام المبيدات من النساء أنفسهن إضافة إلى ما تقوم به سيارات أمانة العاصمة التي تقوم برش المبيدات في الهواء بهدف القضاء على الحشرات الضارة ، والطيارة وغالباً ما تكون المادة المستخدمة في ذلك هي (د.د.ت) .

معايير تلوث الهواء :

لا يوجد حتى الآن برنامج محدد على مستوى الوطن العربي للحد من الملوثات الهوائية المنبعثة من المصانع ، أو السيارات ومراقبتها ، وقياسها باستثناء الشروط البيئية الواجب توفرها في بعض المصانع ليتم على ضوئها الترخيص .

كما لا يتوفر مواصفات أو معايير بيئية لملوثات الهواء ، وقد أدى هذا الوضع إلى عدم اكتراث المصانع ، وأصحاب السيارات بمكافحة انبعاثاتها الغازية الضارة ، أو الحد منها ، كما أن نقص الدراسات والأبحاث في هذا المجال أدى إلى عدم اهتمام الجهات المعنية بالشروع في سن القوانين والتعليمات التي تحد من التلوث الهوائي في بعض المناطق المعرضة له .

كما لا توجد ولا تتوفر أية معايير أو مواصفات قياسية ، وحدود عتبية لملوثات الهواء ، وبالتالي تستعين الجهات المعنية بشئون البيئة في غالبية الدول العربية بالمعايير العالمية المتوفرة سواء في كندا ، أو الولايات المتحدة الأمريكية ، أو معايير ومواصفات منظمة الصحة العالمية كما بينها الجدول رقم (5) .

---

[1] (?) رشيد الحمد ، محمد صباريني ، البيئة ومشكلاتها ، الطبعة الثالثة ، مكتبة الفلاح ، الكويت ، 1986 ، ص 160 .

[2] (?) كفاية ناصر ، متبقيات المبيدات الكربونية المكلورة في حليب وبلازما النساء الأردنيات ، رسالة ماجستير غير منشورة ، الجامعة الأردنية ،عمان ، الأردن ، 1994 .

جدول رقم (5)

معايير ومواصفات هواء المدن

الرقم	الملوث	كندا	الولايات المتحدة	منظمة الصحة العالمية
1	ثاني أكسيد الكربون سنوياً 24 ساعة ساعة واحدة	2.3 جزء بالمائة مليون 11 جزء بالمائة مليون 34 جزء بالمائة مليون	0.3جزء بالمائة مليون 13.9جزء بالمائة مليون 49.7جزء بالمائة مليون	1.5-2.3 جزء بالمائة مليون 4.7 جزء بالمائة مليون 13.4 جزء بالمائة مليون
2	أول أكسيد الكربون 8 ساعات ساعة واحدة	13 جزء بالمليون 31 جزء بالمليون	9 جزء بالمليون 35 جزء بالمليون	9 جزء بالمليون 25 جزء بالمليون
3	ثاني أكسيد النيتروجين سنوياً 24 ساعة ساعة واحدة	5.3 جزء بالمائة مليون 11 جزء بالمائة مليون 21 جزء بالمائة مليون	5.3 جزء بالمائة مليون 7.9 جزء بالمائة مليون 21 جزء بالمائة مليون	--- --- ---
4	الجسيمات العالقة سنوياً 24 ساعة	70 ميكروغرام/م^3 120 ميكروغرام/م^3	75 ميكروغرام/م^3 260 ميكروغرام/م^3	60-90 ميكروغرام/م^3 120 ميكروغرام/م^3

المصدر : الاستراتيجية الوطنية ، 1991[(1)] .

[1] (?) وزارة الشئون البلدية والقروية والبيئة ، دائرة البيئة والإنماء الدولي لصون الطبيعة والموارد الطبيعية ، الاستراتيجية الوطنية لحماية البيئة في الأردن ، عمان ، 1991 .

النتائج والتوصيات :

أولاً : النتائج :

كانت أهم النتائج التي توصلت إليها الدراسة ما يلي :

1- تعتبر المصادر الطبيعية والبشرية من أهم الملوثات لقطاع الهواء على حدٍ سواء ولكن المصادر البشرية هي الأكثر تلويثاً للبيئة.

2- تعتبر وسائط النقل والصناعة من أكثر العوامل البشرية اعتداءً على البيئة وعلى الهواء خاصة لما تقذفه من ملوثات وعناصر ثقيلة تلحق أضراراً كبيرة بالإنسان .

3- هناك العديد من الأمراض التي لحقت بالإنسان جراء تلوث الهواء منها : الأمراض الجلدية وأمراض العيون واللوزتين وأمراض الجهاز التنفسي .

4- يعتبر عنصر الرصاص من أخطر العناصر التي تدخل جسم الإنسان حيث يدخل الجسم عن طريق الرئتين أو عن طريق الجهاز الهضمي مما يؤدي إلى ترسب الرصاص في معظم أنسجة الجسم ويسبب تأثيرات بالغة أهمها الأنيميا وتلف أنسجة الدماغ وخلل وظيفة الكلية .

5- تلوث الهواء بمادة أل (د.د.ت) يدخل جسم الإنسان وقد وجدت في مناطق عديدة تركز هذه المادة في حليب وبلازما الدم لدى النساء .

وفي الختام نوصي بما يلي :

- ضرورة المحافظة على الهواء نظيفاً من الشوائب حتى يتسنى لنا أن نحيا حياة سليمة ؛ لأننا لا يمكن أن نستغني عن هذا المورد.
- أن تكون المراقبة شديدة على قطاع النقل والصناعة ومحاولة التقليل من الانبعاثات التي تصدرها إلى الهواء .
- ضرورة وضع مواصفة قياسية للحدود المسموح بها للعناصر التي تتركز في الهواء ولا يسمح بتجاوزها خاصة وأنها تشكل خطراً على صحة الإنسان ، كما ويجب متابعة تطبيق اللوائح والقوانين والمواصفات التي تتعلق بقطاع الهواء .

المراجع

1- القرآن الكريم .
2- أحمد عبد الجواد ، تلوث الهواء ، الطبعة الأولى ، الدار العربية للنشر والتوزيع ، 1991 .
3- حسن الأخرس ، أثر تلوث الهواء بالغازات الناتجة عن مصفاة البترول الأردنية ومحطة الحسن الحرارية على صحة السكان وبعض ممتلكاتهم في بلدة الهاشمية ، رسالة ماجستير غير منشورة ، الجامعة الأردنية ، عمان ، الأردن ، 1995 .
4- رشيد الحمد ، محمد صباريني ، البيئة ومشكلاتها ، الطبعة الثالثة ، مكتبة الفلاح ، الكويت ، 1986 .
5- سفيان التل ، حالة البيئة في الأردن ، وزارة الشئون البلدية والقروية والبيئة ، عمان ، 1989 .
6- سليمان العقيلي ، بشير جرار ، تلوث الهواء ، مكتب التربية العربي لدول الخليج ، الرياض ، 1990 .
7- طارق محمود ، علم وتكنولوجيا البيئة ، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي ، جامعة الموصل ، العراق ، 1988 .
8- عبد الرحمن حميدة ، التلوث ، أبعاده وأخطاره ، مجلة كلية العلوم الاجتماعية ، مجلد (35) .
9- عدنان البياتي ، تلوث الهواء في الوطن العربي بين ضرورات التنمية وسلامة البيئة ، مجلة شئون عربية ، العدد 79 ، 1994.
10- عزت أبو حمرة ، تلوث الهواء الناتج عن عوادم السيارات ، وزارة الشئون البلدية والقروية والبيئة ، عمان ، 1992 .
11- علي حسن موسى ، التلوث الجوي ، الطبعة الأولى ، دار الفكر ، دمشق ، 1990 .
12- علياء حاتوغ – بوران ، محمد أبو دية ، علم البيئة ، الطبعة الأولى ، دار الشروق ، عمان ، 1994 .
13- كفاية ناصر ، متبقيات المبيدات الكربونية المكلورة في حليب وبلازما النساء الأردنيات ، رسالة ماجستير غير منشورة ، الجامعة الأردنية ، عمان ، الأردن ، 1994 .
14- كوركيس عبد ال آدم، التلوث البيئي، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة البصرة، العراق، 1988.
15- محمد السيد أرناؤوط، الإنسان وتلوث البيئة، الطبعة الأولى، الدار المصرية اللبنانية، القاهرة ، 1993.
16- محمد العودات ، التلوث وحماية البيئة ، الطبعة الأولى ، الأهالي للنشر والتوزيع ، دمشق ، 1988 .
17- محمد الدمنهوري ، تقييم الآثار البيئية الناجمة عن التلوث الجوي بغبار الأسمنت في مدينة الفحيص في مجالات صحة الإنسان وراحته وبعض ممتلكاته وأوراق بعض الأشجار المثمرة ، رسالة ماجستير غير منشورة ، الجامعة الأردنية ، عمان ، الأردن، 1989 .
18- مصطفى كمال طلبة ، إنقاذ كوكبنا ، التحديات والآمال ، حالة البيئة في العالم ، 1972-1992 ، الطبعة الأولى ، مركز دراسات الوحدة العربية ، برنامج الأمم المتحدة للبيئة ، بيروت ، 1992 .
19- نعيم بارود ، تقييم الآثار البيئية للمشاريع الصناعية في مدينة عمان الكبرى ، رسالة دكتوراه غير منشورة ، جامعة الخرطوم ، الخرطوم ، السودان ، 1996 .
20- وزارة الشئون البلدية والقروية والبيئة ، دائرة البيئة والإنماء الدولي لصون الطبيعة والموارد الطبيعية الاستراتيجية الوطنية لحماية البيئة في الأردن ، عمان ، 1991 .